POR MARTÍN DE AMBROSIO

UN ARGENTINO DESCUBRIO
UN AGUJERO NEGRO ANDARIEGO

Arqueología de la Vía Láctea

Noticia: un agujero negro, a sólo 6 mil años luz, es decir relativamente cerca del Sol, viaja a 500 mil kilómetros por hora, mientras devora sistemáticamente a una de las primeras estrellas que se formó en la Vía Láctea, que en definitiva es nuestra galaxia. Detrás de la novedad está el científico argentino Félix Mirabel, que fue uno de los responsables del descubrimiento del primer agujero negro del que se sabe la velocidad –de aproximadamente un millón que hay en la galaxia– que abre nuevas puertas para la investigación astronómica. Mirabel contó a Futuro vida y milagros de los agujeros negros, y también otros detalles del trabajo publicado hace sólo dos días en *Nature*, la revista científica más prestigiosa del mundo.

El argentino Félix Mirabel, a la cabeza de un grupo de astrofísicos de varias nacionalidades, descubrió un antiguo agujero negro que se desplaza a alta velocidad dentro de nuestra galaxia (la Vía Láctea) mientras devora a su compañera. Esa estrella moribunda –que va cayendo hacia la oscuridad total del agujero– es, por otra parte, la que permitió la detección del fenómeno a través de ondas de radio. Hay que recordar que, por definición, un agujero negro no emite luz sino que, por el contrario, comprime tanto la materia y curva tanto el espacio en su interior que nada puede salir de él. Ni siquiera la luz.

El agujero negro es lo que quedó, el remanente, de una estrella de gran masa que agotó su combustible hace 7 mil millones de años, y que probablemente fue una de las primeras en formarse en la galaxia a la que pertenece el Sistema Solar. Y es la primera indudable evidencia de uno de los aproximadamente un millón de agujeros negros que –se cree– giran en el halo de la galaxia. (El halo es como una burbuja de materia difusa, estrellas dispersas, cúmulos globulares –agrupaciones esféricas de estrellas viejas–, que envuelve a la Vía Láctea.)

Félix Mirabel –un argentino de 56 años, licenciado en Filosofía de la UBA y doctor en Astronomía de la Universidad Nacional de La Plata– fue el científico del IAFE (Instituto de Astronomía y Física del Espacio) que se ocupó de armar el proyecto de investigación que requirió el uso de instrumental técnico, concretamente satélites, de los Estados Unidos.

Desde Francia, donde también trabaja para la Comisión de Energía Atómica de ese país, Mirabel tomó contacto telefónico con **Futuro** para contar algunos detalles del trabajo que salió publicado este jueves 13 de septiembre en la prestigiosa revista científica *Nature*. Para Mirabel, éste es un trabajo que abre nuevas perspectivas en astronomía y física del espacio: "Se trata de una suerte de arqueología que testifica los intensos estallidos de la formación de estrellas masivas que se ubicaron en el halo durante las primeras épocas de la evolución de nuestra galaxia. Entonces, el trabajo inicia un área de búsqueda que agregará importante información para concebir modelos sobre la formación de agujeros negros y estrellas de neutrones".

LA VOZ DEL CIENTIFICO

–Se sabe que existen los agujeros negros porque es una predicción de la Teoría de la Relatividad General, aunque paradójicamente Einstein (su autor) nunca lo aceptó, por razones o prejuicios epistemológicos.

–Lo predijo, pero no aceptaba que existieran realmente...

–Claro, él pensaba que no existían las llamadas "singularidades" en el universo, es decir, puntos en los que los resultados de las ecuaciones se hacen infinitos (por ejemplo, la densidad de los agujeros negros). Porque eso son las singularidades, una indeterminación, no tienen realidad física. En la epistemología que Einstein sostenía, era algo inaceptable. Entonces no lo aceptó, a pesar de lo que

MEDICINA ANIMAL

La demencia de los perros

POR JUAN PABLO BERMUDEZ

¿Su perro de 14 años no responde cuando lo llaman? ¿Se pierde en los lugares conocidos? ¿Siempre parece confundido? ¿Ha cambiado de hábitos a la hora de sus placeres íntimos? Peor aún: ¿ha notado que su fiel mascota lo mira extraviado, como si no lo conociese? No se asuste; si bien el mejor amigo del hombre también ha logrado estirar su expectativa de vida gracias a los avances de la medicina veterinaria –así como la gente vive más– los años no vienen solos tampoco para ellos. En el caso de los perros, después de los diez pueden aparecer problemas de demencia, según un estudio de la Asociación Médica Veterinaria del sur de California. Según explicaron, los principales síntomas son la desorientación: el perro parece confundido, como si no supiera dónde se encuentra; respuestas disminuidas o alteradas con los miembros de la familia; cambios en el ciclo de sueño y vigilia, y alteración-de sus rutinas y hábitos higiénicos. Y aunque todavía no se ha hablado de institutos especiales para canes o psiquiatras ídem, será cuestión de esperar un tiempo hasta que algún enamorado de los animales lo lleve a cabo.

UNA ENFERMEDAD SIMILAR

Los científicos de la universidad californiana se dedicaron a estudiar el comportamiento de un grupo de perros durante unos años para lograr establecer un diagnóstico. No fue fácil: muchos de los canes iniciales no pudieron vivir el tiempo suficiente para ser examinados a fondo, con lo cual en algunas ocasiones, si bien las investigaciones realizadas hasta ese momento eran igualmente de gran utilidad, se quedaban en la "punta" de un descubrimiento. De todos modos, merced a la buena predisposición de algunas mascotas domésticas, lograron arribar a las conclusiones.

Por ejemplo, Kazzy, un perro Lhasa de 17 años, sufría de una enfermedad llamada "síndrome de disfunción cognitiva"; en buen romance: demencia canina, un problema que afecta al 60 por ciento de los perros de más de once años. "Solía ser un excelente perro guardián. Pero ahora está como perdido", les explicó su dueña, Olivia Feldman-Rich, a los investigadores, que descubrieron a partir de allí que la confusión es uno de los cuatro signos principales de la demencia canina. "El perro puede moverse en círculos o esconderse detrás de un mueble, y tampoco reconoce la puerta de salida", enumeró la doctora Maritza Pérez, del West Orange Animal Hospital de Nueva Jersey, una de las instituciones que colaboró en la investigación.

También encontraron algunas similitudes con los síntomas de enfermedades humanas. Uno de los signos más perturbadores, similar al mal de Alzheimer, es que el perro olvida a sus "familiares" humanos. "Por ejemplo, uno llega a casa y el perro, que en otra época hubiese saltado de alegría, permanece acostado en el suelo en la más profunda indiferencia", dice la doctora Pérez. "Tampoco responde a los llamados del amo." Es decir que en principio lo que parece un gesto de ofensa por parte del animal puede en realidad ser un síntoma de demencia.

Estos síntomas, junto con otras enfermedades debilitantes que afectan a los perros viejos, como la artritis, se unen para disminuirles la calidad de vida. Según la Asociación Veterinaria de los Estados Unidos, unos quinientos mil perros al año son sacrificados como consecuencia de la demencia canina, aunque en la mayoría de los casos no se sabe que padecen esa enfermedad.

MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA

Los investigadores señalan que los depósitos de placas amiloides, un polvillo blancuzco que también se encuentra en las personas con Mal de Alzheimer, podrían jugar un papel importante en la demencia canina. Estas placas cerebrales interfieren y bloquean la transmisión nerviosa. De todos modos, como los síntomas son de conducta, el diagnóstico es "excluyente"; es decir, sólo se llega a determinar que se trata de demencia canina cuando se descartan todas las demás causas físicas y neurológicas.

Si bien todavía no le encuentran una cura, sí al menos empiezan a lograr una mejora en la calidad de vida de los caninos sufrientes. La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) aprobó un tratamiento para la demencia canina basado en el medicamento Anipryl (hidrocloro de selegilina). Se supone que esta droga aumenta los niveles de dopamina, un neurotransmisor necesario para las funciones normales. Y también se están haciendo investigaciones en relación con la dieta, incluyendo antioxidantes y una droga nueva, Adrafinil, que mejora los síntomas, al menos en algunos perros. "Lo hemos probado con muchos animales y funciona, pero no siempre", explicaron en la universidad.

Mientras tanto, los perros, inseparables compañeros del hombre, esperan que los humanos den con la cura definitiva que los haga al menos tener una vejez digna. Y lúcida.



Arqueología de la Vía Láctea

decía su propia teoría. Otros físicos, como Oppenheimer, afirmaron la realidad de los agujeros negros. En definitiva, los agujeros negros son una predicción teórica; luego se comprobó su existencia mediante la observación. Existen, por ende, agujeros negros en la física teórica y agujeros negros en la astrofísica, más experimental.

–Pero ésta no es la primera vez que se encuentran agujeros negros.

–No, por supuesto. Es lo que decía: aunque al principio había dudas sobre su existencia, hoy se acepta casi sin excepciones en la comunidad científica. Ya se conocen entre 12 y 15 agujeros negros en nuestra galaxia, que tiene miles de millones de estrellas; y las evidencias se van acumulando. Los agujeros negros se descubren sólo cuando son parte de un sistema binario, es decir, cuando tienen una estrella compañera, de la cual adquieren materia (los agujeros negros no emiten luz y devoran la materia; eso es un agujero negro, en definitiva). Entonces, en el momento en que la estrella es engullida, envía luz y otras emisiones. Es decir, el agujero negro se ve en forma indirecta, a través de la materia que va cayendo en el agujero.

–Mientras muere, es como si la estrella emitiera un SOS, una señal.

–Algo así. Como cuando se infla una rueda de bicicleta; al comprimirse, la materia va hacia una región del espacio, que es muy pequeña y es el horizonte de acontecimiento del agujero negro. Y, como pasa con el aire del inflador, la materia se calienta. ¿Vos sos zurdo?

–No.

–Entonces es lo que sentís en la mano izquierda cuando inflás: sentís calor en la mano que sostiene el pico. En el agujero negro, una gran cantidad de materia se comprime y a varios millones de grados produce una radiación que se emite en el rango de los rayos X, que no pueden detectarse desde la Tierra porque la atmósfera los absorbe. Por eso tienen que detectarse a través de satélites.

–¿Y en este caso?

–En este caso se trata de un objeto que se descubrió el año pasado, pero con la particularidad de que pudimos determinar, por primera vez, la velocidad espacial del agujero negro, cómo se desplaza. Son 150 kilómetros por segundo. Esperá que hago la cuenta: 150 por 3600... a ver... es algo así como medio millón de kilómetros por hora.

RESPECTO DEL SOL

–Eso respecto del Sol, de nuestro Sol. Este objeto –en realidad se llama XTEJ1118+480– se mueve describiendo una órbita muy particular alrededor del centro de la galaxia. Pero no como los agujeros negros que orbitan de modo más o menos circular respecto del centro de la galaxia. XTEJ –lo podemos llamar así familiarmente– se mueve de modo anómalo, del mismo modo en que se mueven los objetos más viejos de la galaxia, formados en el tiempo en que se originó la galaxia.

–¿Se mueve alrededor de la galaxia porque es atraído por la gravitación del centro galáctico?

–Sí. Está ligado gravitacionalmente a nuestra galaxia. Por el tipo de movimiento de este agujero negro, que es un remanente de una estrella muy masiva que existió en el pasado, tiene que haber sido una de las primeras estrellas que se formaron en nuestra galaxia. Este tipo de estrellas son tan masivas que duran muy poco, apenas unos millones de años.

–¿Estas son las estrellas que se transforman en supernovas, que explotan espectacularmente?

–Puede haber sido así, casi seguro, pero no estamos absolutamente seguros en este preciso caso. Hay que tener en cuenta que estamos hablando de 6 mil años luz de distancia (hay una interrupción: "Acá, sí, oui", dice Mirabel, alternando el francés y el castellano, seguramente ayudado por la gesticulación para ser entendido). Perdón, vino alguien aquí... ¿Qué estaba diciendo?



LA EXCENTRICA ORBITA DEL AGUJERO NEGRO Y SU COMPAÑIA ESTELAR, ATRAVESANDO LA VIA LACTEA. EL DESCUBRIMIENTO DEL ASTRONOMO ARGENTINO FELIX MIRABEL CONTO CON LA "AYUDITA" DE LOS SATELITES NORTEAMERICANOS.

–Hablaba de la distancia y del tiempo.

–Ah, sí. Este agujero negro es una reliquia de una estrella muy masiva que se formó al principio de la galaxia, una de las primeras, de un tipo que ya no se encuentran más. Las primeras estrellas tenían una distribución esférica, sólo después se fue formando el disco achatado de la galaxia.

–¿Por eso es una reliquia?

–Por eso hablamos de reliquia. Yo digo que este trabajo es análogo de la arqueología. Para ver la vida de hace mucho tiempo, antes que se formara el disco de la galaxia, hace 7 mil millones de años, tenemos el estudio de los remanentes de las estrellas masivas.

–Como en este caso.

–Como en este caso, porque este objeto es la punta del iceberg; las teorías dicen que debieron existir alrededor de un millón de agujeros negros, nada menos, en el halo de la galaxia. Este es el primer objeto que encontramos de esta población de un millón de agujeros negros

EL FACTOR HUMANO

–Fueron cinco las personas que conformaron el grupo de trabajo.

–Exacto. Irapuan Rodrigues es un brasileño, becario posdoctoral con financiamiento del equivalente del Conicet, que trabaja en Francia conmigo; Vivek Dhawan es un hindú que trabaja en Estados Unidos; Roberto Mignani es un italiano que trabaja en Alemania; y Fabrizia Guglielmetti es una italiana, estudiante de tesis doctoral en Estados Unidos. Somos todos gente desplazada; parece que el destino de los científicos es tener que emigrar constantemente; ninguno vive donde nació. Por otra parte, ésta es una colaboración organizada por mí, basada en Internet. Por ejemplo, a la científica italiana no la conozco. Yo hice todos los contactos por correo electrónico y los fui conociendo de a uno; ellos no se conocen entre sí. Todo lo hacemos por Internet: las observaciones, la recuperación de los datos y los análisis. Cada uno cumple una función.

–En la investigación se ve una combinación de especulación teórica con determinación empírica.

–Sí, es una de las características del trabajo. Creo que muy pocos astrónomos, o nin-

La demencia de los perros

POR JUAN PABLO BERMUDEZ

¿Su perro de 14 años no responde cuando lo llaman? ¿Se pierde en los lugares conocidos? ¿Siempre parece confundido? ¿Ha cambiado de hábitos a la hora de sus placeres íntimos? Peor aún: ¿ha notado que su fiel mascota lo mira extraviado, como si no lo conociese? No se asuste; si bien el mejor amigo del hombre también ha logrado estirar su expectativa de vida gracias a los avances de la medicina veterinaria –así como la gente vive más– los años no vienen solos tampoco para ellos. En el caso de los perros, después de los diez pueden aparecer problemas de demencia, según un estudio de la Asociación Médica Veterinaria del sur de California. Según explicaron, los principales síntomas son la desorientación: el perro parece confundido, como si no supiera dónde se encuentra; respuestas disminuidas o alteradas con los miembros de la familia; cambios en el ciclo de sueño y vigilia, y alteración-de sus rutinas y hábitos higiénicos. Y aunque todavía no se ha hablado de institutos especiales para canes o psiquiatras ídem, será cuestión de esperar un tiempo hasta que algún enamorado de los animales lo lleve a cabo.

UNA ENFERMEDAD SIMILAR

Los científicos de la universidad californiana se dedicaron a estudiar el comportamiento de un grupo de perros durante unos años para lograr establecer un diagnóstico. No fue fácil: muchos de los canes iniciales no pudieron vivir el tiempo suficiente para ser examinados a fondo, con lo cual en algunas ocasiones, si bien las investigaciones realizadas hasta ese momento eran igualmente de gran utilidad, se quedaban en la "punta" de un descubrimiento. De todos modos, merced a la buena predisposición de algunas mascotas domésticas, lograron arribar a las conclusiones.

Por ejemplo, Kazzy, un perro Lhasa de 17 años, sufría de una enfermedad llamada "síndrome de disfunción cognitiva"; en buen romance: demencia canina, un problema que afecta al 60 por ciento de los perros de más de once años. "Solía ser un excelente perro guardián. Pero ahora está como perdido", les explicó su dueña, Olivia Feldman-Rich, a los investigadores, que descubrieron a partir de allí que la confusión es uno de los cuatro signos principales de la demencia canina. "El perro puede moverse en círculos o esconderse detrás de un mueble, y tampoco reconoce la puerta de salida", enumeró la doctora Maritza Pérez, del West Orange Animal Hospital de Nueva Jersey, una de las instituciones que colaboró en la investigación.

También encontraron algunas similitudes con los síntomas de enfermedades humanas. Uno de los signos más perturbadores, similar al mal de Alzheimer, es que el perro olvida a sus "familiares" humanos. "Por ejemplo, uno llega a casa y el perro, que en otra época hubiese saltado de alegría, permanece acostado en el suelo en la más profunda indiferencia", dice la doctora Pérez. "Tampoco responde a los llamados del amo." Es decir que en principio lo que parece un gesto de ofensa por parte del animal puede en realidad ser un síntoma de demencia.

Estos síntomas, junto con otras enfermedades debilitantes que afectan a los perros viejos, como la artritis, se unen para disminuirles la calidad de vida. Según la Asociación Veterinaria de los Estados Unidos, unos quinientos mil perros al año son sacrificados como consecuencia de la demencia canina, aunque en la mayoría de los casos no se sabe que padecen esa enfermedad.

MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA

Los investigadores señalan que los depósitos de placas amiloides, un polvillo blancuzco que también se encuentra en las personas con Mal de Alzheimer, podrían jugar un papel importante en la demencia canina. Estas placas cerebrales interfieren y bloquean la transmisión nerviosa. De todos modos, como los síntomas son de conducta, el diagnóstico es "excluyente"; es decir, sólo se llega a determinar que se trata de demencia canina cuando se descartan todas las demás causas físicas y neurológicas.

Si bien todavía no le encuentran una cura, sí al menos empiezan a lograr una mejora en la calidad de vida de los caninos sufrientes. La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) aprobó un tratamiento para la demencia canina basado en el medicamento Anipryl (hidrocloro de selegilina). Se supone que esta droga aumenta los niveles de dopamina, un neurotransmisor necesario para las funciones normales. Y también se están haciendo investigaciones en relación con la dieta, incluyendo antioxidantes y una droga nueva, Adrafinil, que mejora los síntomas, al menos en algunos perros. "Lo hemos probado con muchos animales y funciona, pero no siempre", explicaron en la universidad.

Mientras tanto, los perros, inseparables compañeros del hombre, esperan que los humanos den con la cura definitiva que los haga al menos tener una vejez digna. Y lúcida.



Arqueología de la Vía Láctea

decía su propia teoría. Otros físicos, como Oppenheimer, afirmaron la realidad de los agujeros negros. En definitiva, los agujeros negros son una predicción teórica; luego se comprobó su existencia mediante la observación. Existen, por ende, agujeros negros en la física teórica y agujeros negros en la astrofísica, más experimental.

–Pero ésta no es la primera vez que se encuentran agujeros negros.

–No, por supuesto. Es lo que decía: aunque al principio había dudas sobre su existencia, hoy se acepta casi sin excepciones en la comunidad-científica. Ya se conocen entre 12 y 15 agujeros negros en nuestra galaxia, que tiene miles de millones de estrellas; y las evidencias se van acumulando. Los agujeros negros se descubren sólo cuando son parte de un sistema binario, es decir, cuando tienen una estrella compañera, de la cual adquieren materia (los agujeros negros no emiten luz y devoran la materia; eso es un agujero negro, en definitiva). Entonces, en el momento en que la estrella es engullida, envía luz y otras emisiones. Es decir, el agujero negro se ve en forma indirecta, a través de la materia que va cayendo en el agujero.

–Mientras muere, es como si la estrella emitiera un SOS, una señal.

–Algo así. Como cuando se infla una rueda de bicicleta; al comprimirse, la materia va hacia una región del espacio, que es muy pequeña y es el horizonte de acontecimiento del agujero negro. Y, como pasa con el aire del inflador, la materia se calienta. ¿Vos sos zurdo?

–No.

–Entonces es lo que sentís en la mano izquierda cuando inflás: sentís calor en la mano que sostiene el pico. En el agujero negro, una gran cantidad de materia se comprime y a varios millones de grados produce una radiación que se emite en el rango de los rayos X, que no pueden detectarse desde la Tierra porque la atmósfera los absorbe. Por eso tienen que detectarse a través de satélites.

–¿Y en este caso?

–En este caso se trata de un objeto que se descubrió el año pasado, pero con la particularidad de que pudimos determinar, por primera vez, la velocidad espacial del agujero negro, cómo se desplaza. Son 150 kilómetros por segundo. Esperá que hago la cuenta: 150 por 3600... a ver... es algo así como medio millón de kilómetros por hora.

RESPECTO DEL SOL

–Eso respecto del Sol, de nuestro Sol. Este objeto –en realidad se llama XTEJ1118+480– se mueve describiendo una órbita muy particular alrededor del centro de la galaxia. Pero no como los agujeros negros que orbitan de modo más o menos circular respecto del centro de la galaxia. XTEJ –lo podemos llamar así familiarmente– se mueve de modo anómalo, del mismo modo en que se mueven los objetos más viejos de la galaxia, formados en el tiempo en que se originó la galaxia.

–¿Se mueve alrededor de la galaxia porque es atraído por la gravitación del centro galáctico?

–Sí. Está ligado gravitacionalmente a nuestra galaxia. Por el tipo de movimiento de este agujero negro, que es un remanente de una estrella muy masiva que existió en el pasado, tiene que haber sido una de las primeras estrellas que se formaron en nuestra galaxia. Este tipo de estrellas son tan masivas que duran muy poco, apenas unos millones de años.

–¿Estas son las estrellas que se transforman en supernovas, que explotan espectacularmente?

–Puede haber sido así, casi seguro, pero no estamos absolutamente seguros en este preciso caso. Hay que tener en cuenta que estamos hablando de 6 mil años luz de distancia (hay una interrupción: "Acá, sí, oui", dice Mirabel, alternando el francés y el castellano, seguramente ayudado por la gesticulación para ser entendido). Perdón, vino alguien aquí... ¿Qué estaba diciendo?

–Hablaba de la distancia y del tiempo.

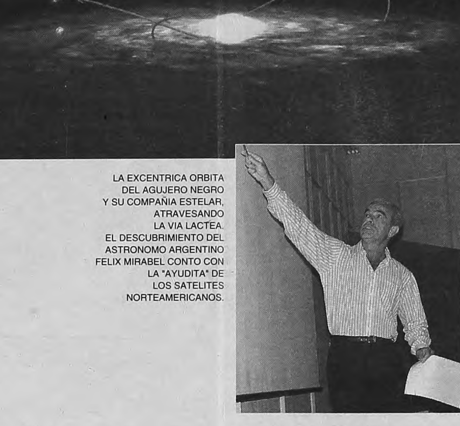
–Ah, sí. Este agujero negro es una reliquia de una estrella muy masiva que se formó al principio de la galaxia, una de las primeras, de un tipo que ya no se encuentran más. Las primeras estrellas tenían una distribución esférica, sólo después se fue formando el disco achatado de la galaxia.

–¿Por eso es una reliquia?

–Por eso hablamos de reliquia. Yo digo que este trabajo es análogo de la arqueología. Para ver la vida de hace mucho tiempo, antes que se formara el disco de la galaxia, hace 7 mil millones de años, tenemos el estudio de los remanentes de las estrellas masivas.

–Como en este caso.

–Como en este caso, porque este objeto es la punta del iceberg; las teorías dicen que debieron existir alrededor de un millón de agujeros negros, nada menos, en el halo de la galaxia. Este es el primer objeto que encontramos de esta población de un millón de agujeros negros que andan circulando a la deriva en el halo de la galaxia.



LA EXCENTRICA ORBITA DEL AGUJERO NEGRO Y SU COMPAÑIA ESTELAR, ATRAVESANDO LA VIA LACTEA. EL DESCUBRIMIENTO DEL ASTRONOMO ARGENTINO FELIX MIRABEL CONTO CON LA "AYUDITA" DE LOS SATELITES NORTEAMERICANOS.

> "Este agujero negro es como un eslabón perdido... Como Lucy, en antropología, que fue un individuo particular que marcó cosas importantes. Este es una especie de Lucy a otro nivel, un individuo que apunta a una población de millones de agujeros negros, que existen y son el testimonio de una historia pasada de nuestra galaxia."

DE TAMAÑOS E IMPRESIONES

–¿Cuál es el tamaño del agujero negro?

–Lo que pasa es que cuando hablamos de tamaño del agujero negro tenemos que hablar de su horizonte, algo así como la membrana que lo separa del resto del universo. Los horizontes son como membranas que separan universos... Uno de mis grandes intereses con los agujeros negros es que son algo así como una exploración de un límite, los límites del universo observable. Más allá de estos horizontes no se puede ver nada. Respecto de la pregunta, el radio de estos horizontes es de unas decenas de kilómetros. Depende de su masa.

–No parece muy impresionante, sobre todo si tenemos en cuenta las dimensiones que se utilizan para medir la galaxia y el universo entero.

–No, pero fijate que tenemos que llevar toda la masa de una estrella a una región de un radio de unas decenas de kilómetros; hay que comprimir la materia muchísimo. Lo que también hemos descubierto ahora es la primera evidencia directa de la formación, en la Vía Láctea, de estrellas muy masivas. Y este agujero negro es el remanente de ellas.

–¿Puede emitir algún tipo de energía el agujero negro, o todo proviene de las estrellas moribundas que caen en el agujero?

–No se sabe si un agujero negro emite energía. Aunque podría ser una de las fuentes misteriosas de energía, de las que no se conocen los responsables, y que se observan en el halo de la galaxia. Son las llamadas fuentes Egret que tienen una energía equivalente a la de los rayos cósmicos.

–Entonces, esto también tiene implicaciones para la física.

–Por supuesto. La hipótesis que manejamos sobre el origen del objeto es que fue eyectado del cúmulo globular de estrellas. Y existen razones de por qué eso tendría que ocurrir. Pensamos que la eyección es evidencia de que ahora se encuentran a la deriva y acercándose al plano de la galaxia.

–Siempre se da el par estrella-agujero negro.

–Eso es en este caso, que es un sistema binario estrella-agujero negro, pero también podrían haber sido eyectados un par de agujeros negros juntos.

–¿Pueden existir dos agujeros negros juntos?

–Sí, es algo posible. Dos agujeros negros que incluso podrían fusionarse eventualmente, y producir ondas gravitacionales en el proceso de fusión. Se produciría un tipo de radiación gravitatoria, no electromagnética. Se están construyendo instrumentos en el espacio y la tierra para la detección de esta radiación gravitatoria. Esto también fue predicho por Einstein. Estos "agujeros negros binarios" podrían ser origen de ondas gravitacionales.

–Yendo un poco a lo general, ¿cuál es la función de los agujeros negros en la ecología del universo? ¿Sólo toman materia o también pueden "devolverla" al resto del universo?

–En general, se piensa que el universo marcha hacia una abundancia de agujeros negros. Nada puede escapar a un agujero negro, son atrapantes. Y cada agujero negro es como un universo en sí. Hay científicos que piensan que los agujeros negros pueden desintegrarse, pero en épocas muy muy lejanas.

–¿Quiénes?

–Las teorías cuánticas de la gravitación, en particular la de Hawking, predicen que tal vez se evaporen, exploten, pero se requieren lapsos enormes de tiempo. Esa es la situación.

–Bueno, no es una situación muy grave.

–En realidad, no. Sabemos que los agujeros negros son los remanentes de las estrellas más masivas y que ninguna fuerza de la naturaleza puede resistirse a la gravitación. Existen agujeros negros supermasivos en el centro de la galaxia.

UNIVERSOS PARALELOS

–La afirmación "cada agujero negro es un universo". ¿Qué significa exactamente? ¿Cómo podemos interpretarlo, si es que necesita interpretación? Digo, porque puede interpretarse de modo metafísico, pero imagino que no es lo que buscamos ahora.

–Quiero decir que son como un universo en sí; un universo del cual no tenemos información. Excepto un tipo de radiación, que no es experimental sino teórico: la radiación de Hawking. Son como universos cerrados, se ha pensado que puede haber pasajes a otros universos a través de agujeros negros. Se piensa que tal vez desde una "perspectiva exterior" nuestro mismo universo podría ser un agujero negro.

–¿Es posible esto?

–Es posible, aunque muy especulativo.

–Nada lo contradice.

–Nada. Incluso hoy se habla de multiuniversos, universos desconectados, entre los que no se puede establecer comunicación.

LA ORGANIZACION

–¿Cómo hicieron la investigación?

–Este es un equipo que yo organicé, que yo dirigí. Fui contactando a la gente, que en muchos casos no se conoce entre sí. Pero éste no es el primer trabajo. Además, en los años '92 y '94 se publicaron en tapa de *Nature* dos notas en las que trabajé. Una fue el descubrimiento del primer microcuasar, y la segunda sobre el movimiento de objetos aparentes superluminosos detectados en la galaxia. En ese mismo año me di cuenta de que el centro de eyecciones de ese agujero negro se movía en el espacio y entonces elaboré una propuesta de investigación para el NRAO (*National Radio Astronomy Observatory*, de Estados Unidos). Allí, el programa científico consistió en la determinación del movimiento sobre el plano del cielo del objeto para determinar su velocidad. Hasta que apareció este objeto, el año pasado. Hicimos dos observaciones separadas por dos meses y medio en radioondas, y determinamos su movimiento propio, que luego se confirmó con medios ópticos. Para esto último usamos fotos históricas de 43 años atrás.

EL FACTOR HUMANO

–Fueron cinco las personas que conformaron el grupo de trabajo.

–Exacto. Irapuan Rodrigues es un brasileño, becario posdoctoral con financiamiento del equivalente del Conicet, que trabaja en Francia conmigo; Vivek Dhawan es un hindú que trabaja en Estados Unidos; Roberto Mignani es un italiano que trabaja en Alemania; y Fabrizia Guglielmetti es una italiana, estudiante de tesis doctoral en Estados Unidos. Somos todos gente desplazada; parece que el destino de los científicos es tener que emigrar constantemente; ninguno vive donde nació. Por otra parte, ésta es una colaboración organizada por mí, basada en Internet. Por ejemplo, a la científica italiana no la conozco. Yo hice todos los contactos por correo electrónico y los fui conociendo de a uno; ellos no se conocen entre sí. Todo lo hacemos por Internet: las observaciones, la recuperación de los datos y los análisis. Cada uno cumple una función.

–En la investigación se ve una combinación de especulación teórica con determinación empírica.

–Sí, es una de las características del trabajo. Creo que muy pocos astrónomos, o ninguno, podría haberlo hecho solo. Yo no hubiera podido. Tuve la idea, el plan general, pero necesitaba más gente, como un arquitecto que planea una casa: tiene su maestro mayor de obras, albañiles, etcétera. Así se establece la colaboración, porque es muy difícil encontrar en un mismo instituto la gente necesaria para un trabajo de este tipo, investigadores que conozcan los diferentes aspectos. Yo los fui contactando individualmente, en realidad. Dhawan fue el primero que contacté luego de que hice el plan, porque es un especialista en los análisis de la información que se obtienen por radiotelescopios. Mignani es especialista en el análisis de las placas históricas, ópticas, de las fotos. Rodrigues es un especialista en simulaciones por computadora, de lo cual se pudo derivar la órbita de las figuras. Cada uno cumplió un rol muy específico. Es un trabajo que ha requerido la integración de aspectos teóricos y experimentales, observacionales, y que abre muchas nuevas puertas en la astronomía, con implicaciones a varios niveles, no sólo para quienes estudian agujeros negros: también para los que hacen la historia de la formación de estrellas en nuestra galaxia. Por eso yo digo que es como un eslabón perdido... Como Lucy, en antropología, que fue un individuo particular que marcó cosas importantes. Este es una especie de Lucy a otro nivel, un individuo que apunta a una población de millones de agujeros negros, que existen y son el testimonio de una historia pasada de nuestra galaxia.

–Quiere decir que todos deberían comportarse de la misma manera. No es un comportamiento excepcional.

–Todos deberían comportarse de la misma manera, con la misma órbita. La estrella devorada por este agujero negro debió ser muy vieja. Eso se observa, se sabe que tuvo mucho más masa anteriormente porque en su superficie se ve lo que anteriormente fue su núcleo. La mayor parte de los agujeros negros actualmente están solos, porque ya han terminado con las estrellas compañeras que en algún momento los acompañaron. Y esta misma que localizamos ya está por desaparecer. Además, la pudimos detectar porque está relativamente cerca del Sistema Solar, comparado con el tamaño de la galaxia, ya que si hubiera estado en el centro galáctico, no lo hubiéramos podido detectar con los instrumentos que tenemos ahora, por su debilidad.

NOVEDADES EN CIENCIA

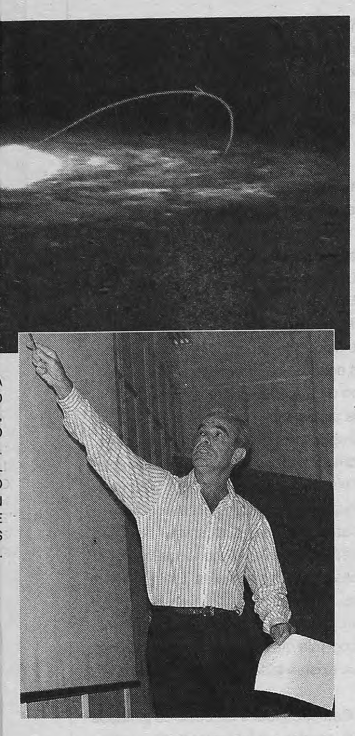
LAS CAUSAS DE LA PERDIDA DEL OZONO

NewScientist La capa de ozono de la Tierra está herida. Y según dos científicos canadienses, no toda la culpa es del hombre, sino que también tienen que ver los misteriosos rayos cósmicos. Aunque muchos climatólogos no estén muy de acuerdo, las conclusiones de Qing-Bin Lu y León Sanche, de la Universidad de Sherbrooke, se basan en un meticuloso trabajo de investigación que bien vale la pena resumir. Lu y Sanche analizaron montones de mediciones de los niveles de ozono en la atmósfera, realizadas entre 1979 y 1992 por estaciones terrestres, globos meteorológicos y satélites. Y las compararon con otras mediciones, tomadas en el mismo período, sobre la intensidad de los rayos cósmicos (partículas de alta energía que llegan desde el espacio y se originan en estrellas). Al enfrentar ambas series de datos, los científicos canadienses encontraron una notable correspondencia entre los períodos de mayor intensidad de rayos cósmicos y aquellos en los que se ha registrado un mayor nivel de destrucción en la capa de ozono (ese delgado escudo atmosférico que nos protege de la peligrosa radiación ultravioleta del Sol). En síntesis: cuantos más rayos cósmicos bombardean la Tierra, más grande es la cantidad de ozono destruido. Los rayos cósmicos destruyen las moléculas de clorofluorcarbonos (fabricadas por el hombre y que hasta hace poco formaban parte de aerosoles y refrigerantes), liberando los átomos de cloro, que a su vez se ocupan de destruir a las frágiles moléculas de ozono, que no son otra cosa que grupos de tres átomos de oxígeno. "Creemos que este podría ser el principal mecanismo generador del agujero de ozono en la región del Polo Sur", dice Lu.

ELEFANTES AFRICANOS: DOS ESPECIES, NO UNA



Science Tal como lo sugerían estudios anteriores, parece que los elefantes africanos no son todos de la misma especie, como se creyó durante mucho tiempo. Recientemente, el biólogo y genetista Stephen O'Brien, del Instituto Nacional del Cáncer de los Estados Unidos, analizó muestras de ADN de 195 elefantes africanos, pertenecientes a los dos grupos típicos del continente: los que viven en los bosques, y los que habitan las sabanas. Tradicionalmente se consideraba que ambos grupos pertenecían a la misma especie (la *Loxodonta africana*). Sin embargo, muchos biólogos habían identificado algunas diferencias morfológicas entre unos y otros. O'Brien y su equipo se concentraron en cuatro genes del núcleo celular en uno y otro grupo de elefantes, y descubrieron diferencias notables. Por otra parte, detectaron muy pocas evidencias de cruzas entre las dos poblaciones de elefantes africanos. En suma, a partir de estas evidencias, estos investigadores están convencidos de que se trata de dos especies, y que la especie que habita los bosques de Africa podría pasar a llamarse *Loxodonta cyclotis*, diferenciándose de sus parientes de la sabana, que seguirían llamándose *Loxodonta africana*.



LA ORGANIZACION

–¿Cómo hicieron la investigación?

–Este es un equipo que yo organicé, que yo dirigí. Fui contactando a la gente, que en muchos casos no se conoce entre sí. Pero éste no es el primer trabajo. Además, en los años '92 y '94 se publicaron en tapa de *Nature* dos notas en las que trabajé. Una fue el descubrimiento del primer microcuasar, y la segunda sobre el movimiento de objetos aparentes superluminosos detectados en la galaxia. En ese mismo año me di cuenta de que el centro de eyecciones de ese agujero negro se movía en el espacio y entonces elaboré una propuesta de investigación para el NRAO (*National Radio Astronomy Observatory*, de Estados Unidos). Allí, el programa científico consistió en la determinación del movimiento sobre el plano del cielo del objeto para determinar su velocidad. Hasta que apareció este objeto, el año pasado. Hicimos dos observaciones separadas por dos meses y medio en radioondas, y determinamos su movimiento propio, que luego se confirmó con medios ópticos. Para esto último usamos fotos históricas de 43 años atrás.

"Este agujero negro es como un eslabón perdido... Como Lucy, en antropología, que fue un individuo particular que marcó cosas importantes. Este es una especie de Lucy a otro nivel, un individuo que apunta a una población de millones de agujeros negros, que existen y son el testimonio de una historia pasada de nuestra galaxia."

que andan circulando a la deriva en el halo de la galaxia.

DE TAMAÑOS E IMPRESIONES

–¿Cuál es el tamaño del agujero negro?

–Lo que pasa es que cuando hablamos de tamaño del agujero negro tenemos que hablar de su horizonte, algo así como la membrana que lo separa del resto del universo. Los horizontes son como membranas que separan universos... Uno de mis grandes intereses con los agujeros negros es que son algo así como una exploración de un límite, los límites del universo observable. Más allá de estos horizontes no se puede ver nada. Respecto de la pregunta, el radio de estos horizontes es de unas decenas de kilómetros. Depende de su masa.

–No parece muy impresionante, sobre todo si tenemos en cuenta las dimensiones que se utilizan para medir la galaxia y el universo entero.

–No, pero fijate que tenemos que llevar toda la masa de una estrella a una región de un radio de unas decenas de kilómetros; hay que comprimir la materia muchísimo. Lo que también hemos descubierto ahora es la primera evidencia directa de la formación, en la Vía Láctea, de estrellas muy masivas. Y este agujero negro es el remanente de ellas.

–¿Puede emitir algún tipo de energía el agujero negro, o todo proviene de las estrellas moribundas que caen en el agujero?

–No se sabe si un agujero negro emite energía. Aunque podría ser una de las fuentes misteriosas de energía, de las que no se conocen los responsables, y que se observan en el halo de la galaxia. Son las llamadas fuentes Egret que tienen una energía equivalente a la de los rayos cósmicos.

–Entonces, esto también tiene implicaciones para la física.

–Por supuesto. La hipótesis que manejamos sobre el origen del objeto es que fue eyectado del cúmulo globular de estrellas. Y existen razones de por qué eso tendría que ocurrir. Pensamos que la eyección es evidencia de que ahora se encuentran a la deriva y acercándose al plano de la galaxia.

–Siempre se da el par estrella-agujero negro.

–Eso es en este caso, que es un sistema binario estrella-agujero negro, pero también podrían haber sido eyectados un par de agujeros negros juntos.

–¿Pueden existir dos agujeros negros juntos?

–Sí, es algo posible. Dos agujeros negros que incluso podrían fusionarse eventualmente, y producir ondas gravitacionales en el proceso de fusión. Se produciría un tipo de radiación gravitatoria, no electromagnética. Se están construyendo instrumentos en el espacio y la tierra para la detección de esta radiación gravitatoria. Esto también fue predicho por Einstein. Estos "agujeros negros binarios" podrían ser origen de ondas gravitacionales.

–Yendo un poco a lo general, ¿cuál es la función de los agujeros negros en la ecología del universo? ¿Sólo toman materia o también pueden "devolverla" al resto del universo?

–En general, se piensa que el universo marcha hacia una abundancia de agujeros negros. Nada puede escapar a un agujero negro, son atrapantes. Y cada agujero negro es como un universo en sí. Hay científicos que piensan que los agujeros negros pueden desintegrarse, pero en épocas muy muy lejanas.

–¿Quiénes?

–Las teorías cuánticas de la gravitación, en particular la de Hawking, predicen que tal vez se evaporen, exploten, pero se requieren lapsos enormes de tiempo. Esa es la situación.

–Bueno, no es una situación muy grave.

–En realidad, no. Sabemos que los agujeros negros son los remanentes de las estrellas más masivas y que ninguna fuerza de la naturaleza puede resistirse a la gravitación. Existen agujeros negros supermasivos en el centro de la galaxia.

UNIVERSOS PARALELOS

–La afirmación "cada agujero negro es un universo". ¿Qué significa exactamente? ¿Cómo podemos interpretarlo, si es que necesita interpretación? Digo, porque puede interpretarse de modo metafísico, pero imagino que no es lo que buscamos ahora.

–Quiero decir que son como un universo en sí; un universo del cual no tenemos información. Excepto un tipo de radiación, que no es experimental sino teórico: la radiación de Hawking. Son como universos cerrados, se ha pensado que puede haber pasajes a otros universos a través de agujeros negros. Se piensa que tal vez desde una "perspectiva exterior" nuestro mismo universo podría ser un agujero negro.

–¿Es posible esto?

–Es posible, aunque muy especulativo.

–Nada lo contradice.

–Nada. Incluso hoy se habla de multiuniversos, universos desconectados, entre los que no se puede establecer comunicación.

guno, podría haberlo hecho solo. Yo no hubiera podido. Tuve la idea, el plan general, pero necesitaba más gente, como un arquitecto que planea una casa: tiene su maestro mayor de obras, albañiles, etcétera. Así se establece la colaboración, porque es muy difícil encontrar en un mismo instituto la gente necesaria para un trabajo de este tipo, investigadores que conozcan los diferentes aspectos. Yo los fui contactando individualmente, en realidad. Dhawan fue el primero que contacté luego de que hice el plan, porque es un especialista en los análisis de la información que se obtienen por radiotelescopios. Mignani es especialista en el análisis de las placas históricas, ópticas, de las fotos. Rodrigues es un especialista en simulaciones por computadora, de lo cual se pudo derivar la órbita de las figuras. Cada uno cumplió un rol muy específico. Es un trabajo que ha requerido la integración de aspectos teóricos y experimentales, observacionales, y que abre muchas nuevas puertas en la astronomía, con implicaciones a varios niveles, no sólo para quienes estudian agujeros negros: también para los que hacen la historia de la formación de estrellas en nuestra galaxia. Por eso yo digo que es como un eslabón perdido... Como Lucy, en antropología, que fue un individuo particular que marcó cosas importantes. Este es una especie de Lucy a otro nivel, un individuo que apunta a una población de millones de agujeros negros, que existen y son el testimonio de una historia pasada de nuestra galaxia.

–Quiere decir que todos deberían comportarse de la misma manera. No es un comportamiento excepcional.

–Todos deberían comportarse de la misma manera, con la misma órbita. La estrella devorada por este agujero negro debió ser muy vieja. Eso se observa, se sabe que tuvo mucho más masa anteriormente porque en su superficie se ve lo que anteriormente fue su núcleo. La mayor parte de los agujeros negros actualmente están solos, porque ya han terminado con las estrellas compañeras que en algún momento los acompañaron. Y esta misma que localizamos ya está por desaparecer. Además, la pudimos detectar porque está relativamente cerca del Sistema Solar, comparado con el tamaño de la galaxia, ya que si hubiera estado en el centro galáctico, no lo hubiéramos podido detectar con los instrumentos que tenemos ahora, por su debilidad.

NOVEDADES EN CIENCIA

LAS CAUSAS DE LA PERDIDA DEL OZONO

NewScientist La capa de ozono de la Tierra está herida. Y según dos científicos canadienses, no toda la culpa es del hombre, sino que también tienen que ver los misteriosos rayos cósmicos. Aunque muchos climatólogos no estén muy de acuerdo, las conclusiones de Qing-Bin Lu y León Sanche, de la Universidad de Sherbrooke, se basan en un meticuloso trabajo de investigación que bien vale la pena resumir. Lu y Sanche analizaron montones de mediciones de los niveles de ozono en la atmósfera, realizadas entre 1979 y 1992 por estaciones terrestres, globos meteorológicos y satélites. Y las compararon con otras mediciones, tomadas en el mismo período, sobre la intensidad de los rayos cósmicos (partículas de alta energía que llegan desde el espacio y se originan en estrellas). Al enfrentar ambas series de datos, los científicos canadienses encontraron una notable correspondencia entre los períodos de mayor intensidad de rayos cósmicos y aquellos en los que se ha registrado un mayor nivel de destrucción en la capa de ozono (ese delgado escudo atmosférico que nos protege de la peligrosa radiación ultravioleta del Sol). En síntesis: cuantos más rayos cósmicos bombardean la Tierra, más grande es la cantidad de ozono destruido. Los rayos cósmicos destruyen las moléculas de clorofluorcarbonos (fabricadas por el hombre y que hasta hace poco formaban parte de aerosoles y refrigerantes), liberando los átomos de cloro, que a su vez se ocupan de destruir a las frágiles moléculas de ozono, que no son otra cosa que grupos de tres átomos de oxígeno. "Creemos que este podría ser el principal mecanismo generador del agujero de ozono en la región del Polo Sur", dice Lu.

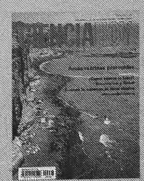
ELEFANTES AFRICANOS: DOS ESPECIES, NO UNA



Science Tal como lo sugerían estudios anteriores, parece que los elefantes africanos no son todos de la misma especie, como se creyó durante mucho tiempo. Recientemente, el biólogo y genetista Stephen O'Brien, del Instituto Nacional del Cáncer de los Estados Unidos, analizó muestras de ADN de 195 elefantes africanos, pertenecientes a los dos grupos típicos del continente: los que viven en los bosques, y los que habitan las sabanas. Tradicionalmente se consideraba que ambos grupos pertenecían a la misma especie (la *Loxodonta africana*). Sin embargo, muchos biólogos habían identificado algunas diferencias morfológicas entre unos y otros. O'Brien y su equipo se concentraron en cuatro genes del núcleo celular en uno y otro grupo de elefantes, y descubrieron diferencias notables. Por otra parte, detectaron muy pocas evidencias de cruzas entre las dos poblaciones de elefantes africanos. En suma, a partir de estas evidencias, estos investigadores están convencidos de que se trata de dos especies, y que la especie que habita los bosques de Africa podría pasar a llamarse *Loxodonta cyclotis*, diferenciándose de sus parientes de la sabana, que seguirían llamándose *Loxodonta africana*.

LIBROS Y PUBLICACIONES

REVISTA CIENCIA HOY
Nº 64 –Agosto 2001/ Septiembre 2001–
66 páginas



En cierto modo, los dos grandes reinos de la física, la mecánica cuántica –a escala subatómica– y la física clásica –macroscópica– tienen modos diferentes y hasta contradictorios de explicar los fenómenos. Una de las preguntas más interesantes que pueden hacerse tiene que ver con la zona de transición entre ambas, donde ninguna funciona del todo bien: es lo que se llama "pérdida de coherencia", según el artículo "Transición cuánticoclásica: de la teoría al experimento", de la última edición de *Ciencia Hoy*, firmado por Diego Dalvit y Fernando Lombardo.

También forma parte de esta entrega de *Ciencia Hoy*, una interesante reseña del libro *Prodigios y vértigos de la analogía*, del francés Jacques Bouveresse. El libro apoya a Alan Sokal en la polémica generada por su ya célebre artículo en *Social Text*, donde desnudaba los por lo menos dudosos o imperfectos mecanismos –desde el punto de vista de la seriedad científica en la utilización de los términos– de algunos escritores vinculados con la posmodernidad.

Además, un ensayo sobre la nueva era en la microscopía de fluorescencia de un equipo de la Facultad de Ingeniería-Bioingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos; "Extracción y producción de alimentos: una perspectiva arqueobotánica", sobre el origen de los cultivos; "El ADN del pasado", un estudio sobre el material genético de momias y fósiles; y la nota de tapa "Areas marinas protegidas en la Argentina", del investigador del Conicet Pablo Yorio. ***M.D.A.***

CAFE CIENTIFICO

BUSQUEDA DE EXTRATERRESTRES
El proyecto SETI (siglas en inglés de Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre) será el tema de conversación de la próxima reunión de Café científico, organizado por el Planetario de la Ciudad, en la Casona del Teatro, Corrientes 1979. El encuentro se llevará a cabo el martes 18 desde las 18.30 y los especialistas convocados serán Guillermo Lemarchand –director del Proyecto SETI en Argentina, del Instituto Argentino de Radioastronomía/Conicet y del Centro de Estudios Avanzados de la UBA– y Juan Carlos Forte –del Instituto de Astronomía y Física del Espacio, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA y del Observatorio Astronómico de la Universidad de La Plata–.

AGENDA CIENTIFICA

DILEMAS GENETICOS
"Dilemas asociados al avance del conocimiento genético" es la próxima charla de divulgación que brindará la licenciada Susana Sommer, el próximo 21 de septiembre a las 18 en el Centro de Estudios Avanzados de la UBA, Uriburu 950, entrepiso.
Informes: 4508-3625, info@cea.uba.ar

MENSAJES A FUTURO
futuro@pagina12.com.ar

FINAL DE JUEGO / CORREO DE LECTORES

donde se plantea un problema que recuerda "La biblioteca de Babel" de Borges, y se empieza a ensayar una aproximación a la palabra "ciencia"

POR LEONARDO MOLEDO

–Tenemos varias cosas hoy –dijo el Comisario Inspector– por empezar, la respuesta al enigma del sábado pasado, que está en la carta de Gustavo Soprano, luego una reflexión sobre la empiria y las matemáticas en la carta de José Luis Carreira, del Instituto Don José de San Martín.

–Los alumnos del Instituto dejaron de mandar las soluciones a los problemas –dijo Kuhn–. Tal vez sean demasiado difíciles para ellos.

–Esto es una provocación –dijo el Comisario Inspector Díaz Cornejo– quiero aclarar que, como todo el mundo sabe, la policía aborrece las provocaciones, pero en este caso tal vez motive a los chicos.

–Una provocación motivadora se suele llamar un desafío –dijo Kuhn–. Tal vez el profesor Carreira dejó de exigirles que los resolvieran. En fin, no sé. Es un tema realmente complejo.

–Complejísimo –dijo el Comisario Inspector– realmente, de una complejidad desconcertante. Además, tenemos la interesante pregunta de Agustín Alvarez sobre los pixeles, que recuerda el cuento "La biblioteca de Babel", de Borges.

–Es casi el mismo tema –dijo Kuhn.

–Después está el problema de la definición de ciencia –dijo el Comisario Inspector–. Debo decir que, reflexionando un poco más sobre el episodio del economista que conté el sábado pasado, llegué a la conclusión de que tal vez confundí simple pasión con amenaza.

–Lo cierto es que, pasión o amenaza, hay que decir algo –dijo Kuhn.

–Empezando por qué queremos decir cuando decimos "ciencia" –dijo el Comisario Inspector–. Naturalmente, no es fácil dar una definición lógica, pero no creo que valga la pena intentar una definición lógica. El ideal de ciencia dos puntos, me parece, no es posible y pienso que es interesante remitirse al uso más o menos corriente, y entonces, la definición que se dé, debe coincidir con lo que claramente consideramos ciencia y dejar afuera a lo que claramente no consideramos ciencia, como por ejemplo el deporte o la literatura.

–Lo cual dejará, sin duda, zonas grises –dijo Kuhn–. Por ejemplo, las cosas que alguna vez fueron consideradas ciencias, como la adivinación por las entrañas de los animales, o por los astros.

–O la teología –dijo el Comisario Inspector– que a lo largo de buena parte de la Edad Media, y especialmente después de Tomás de Aquino, era considerada una ciencia hecha y derecha. Todas esas "disciplinas", por llamarlas de alguna manera, utilizaban metodologías que bien podrían calificarse de "científicas".

–O sea –dijo Kuhn– que para mi teoría de los paradigmas...

–Dejemos los paradigmas de lado, porque si empezamos a discutir sobre eso no vamos a llegar a ninguna parte –dijo el Comisario Inspector–. Tampoco, y esto interesa especialmente al tema de la economía, la predicción es un buen parámetro. Las matemáticas, por ejemplo, no predicen nada, y nadie dejaría a las matemáticas fuera de una definición de ciencia.

–Las matemáticas no predicen, a menos que uno sea extremadamente empirista.

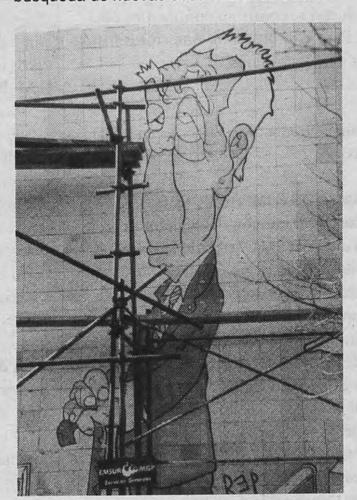
–Yo diría, incluso, que con la posible excepción de la física (y aún este caso es discutible) las disciplinas más duras tienen una parte muy grande que es minuciosamente descriptiva y explicativa, que no implica predicción alguna, y que nadie dejaría de considerar científica. Por ejemplo, si un geólogo analiza la composición de un suelo, con toda la artillería de su ciencia, se limita a procesar datos, por más elaboradamente que los procese. Espero que ningún geólogo se ofenda. Incluso un astrónomo como Mirabel, cuando registra el fenómeno que hoy aparece como nota de tapa, está actuando científicamente, pero no está haciendo una predicción en sentido estricto. En el fondo, me pregunto si puede haber predicciones estrictas cuando no hay leyes universales y necesarias. Y son muy pocas las disciplinas que tienen leyes universales y necesarias.

–A nuestros lectores les puede resultar extraño que la astronomía no tenga leyes universales y necesarias.

–Parece extraño, sí –dijo el Comisario Inspector– pero las leyes de la astronomía en realidad son leyes de la física. Por ejemplo, el proceso de muerte de una estrella. En cierta forma podría ser considerado una ley. Pero no es una ley astronómica.

–Bueno –dijo Kuhn– pero entonces no hay leyes en la astronomía.

–Eso es lo que quería decir –dijo el Comisario Inspector–. La recopilación de datos, la interpretación de los datos, la explicación, la búsqueda de nuevas observaciones e inclu-



JORGE LUIS BORGES. EL PROBLEMA DE LOS PIXELES RECUERDA "LA BIBLIOTECA DE BABEL".

so la conjetura sobre la existencia y la consistencia de nuevas observaciones pueden ser pura y estrictamente astronómicas. Pero no sé si hay leyes que sean estrictamente astronómicas. O sea, que la capacidad de predecir, por lo menos en sentido estricto, tampoco es un criterio definitivo.

–Yo discutiría el concepto de "predecir en sentido estricto" –dijo Kuhn–. Pero propongo que dejemos aquí, y que planteemos a nuestros lectores, como enigma, el problema que nos envió Agustín Alvarez y que está en su carta.

–Bueno –dijo el Comisario Inspector–. Lo sintetizamos: tomando un rectángulo de 320 x 200 pixeles y usando 256 colores posibles para cada pixel, ¿cuántas combinaciones hay?

¿Qué piensan nuestros lectores? ¿Cuántas combinaciones hay? ¿Es verdad que la astronomía no tiene leyes ni hace predicciones?

CORREO DE LECTORES

PRIMOS DE FERMAT

Estimado Comisario Inspector:

La fórmula de Fermat falla para n = 5. En efecto, $2^5 = 32$ y

$2^{32} + 1 = 4294967297$,

que no es un número primo, ya que es igual a 641 x 6700417.

Pero debo confesar que antes que yo lo descubrió el matemático suizo Euler, y sin una miserable calculadora de bolsillo. Descuento que usted sabrá valorar mi gesto, dado que es pública y notoria la devoción apasionada que siente la policía por las confesiones.

Gustavo A. Soprano

SOBRE POSIBILIDADES Y PIXELES

Hola, me llamo Agustín y soy fanático incondicional del suplemento y por sobre todo de la sección "Final del juego". Estoy cursando el CBC para entrar en la carrera de Física en la UBA, y me tienen bastante atraído las distintas relaciones entre la matemática y el mundo físico. Hace tiempo, con mi hermano, se nos ocurrió una idea que no sé si ya la trataron o tratarán en algún momento...

Es la siguiente:

Si programamos una computadora para que, tomando un rectángulo de tantos por tantos pixeles, por ejemplo 320 x 200, usando sólo 256 colores como posibilidades de color para cada pixel, podríamos hacer que ésta cree y guarde en disco todas las combinaciones distintas de pixeles. Es un número enorme. Pero es finito.

Mi pregunta:

¿Es posible que entre todas las imágenes creadas existan todas las imágenes posibles?

Por ejemplo, ¿todos los cuadros pintados por Dalí, o todos los fotogramas de... todas las películas filmadas? (todo dentro de los límites de la resolución que elegimos para la imagen).

O quizás, todas las imágenes de nuestra vida cotidiana. Inclusive todas las imágenes de nuestra vida. Y todas las imágenes de lo que alguna vez quisimos hacer y no hicimos. O aunque sea una imagen del famoso e imposible perro verde (en todas las poses imaginables). O una imagen de la hoja donde Fermat había escrito su misteriosa resolución de su famoso teorema irresuelto hasta hace poco. ¿Es posible que existan todas las imágenes de este universo dentro de un número finito de pixeles combinados en sus distintas posibilidades?

¿Es esto una paradoja, o yo ya estoy desvariando? ¿Alguien trató alguna vez este asunto?

¡Sólo la sagacidad y tenacidad que caracterizan a la policía a la hora de resolver los casos más aberrantes hasta las últimas consecuencias podrían ayudarme!

Y pondré al principio lo que generalmente iría al principio de un correo de lectores: su suplemento es, de lejos, lo mejor que se publica de ciencia en los diarios de este país (o por lo menos en la Capital). Sigan así. Discúlpenme por no intentar contestar ninguno de los problemas planteados la última vez. Como se puede ver, sólo tengo más preguntas...

César Agustín Alvarez

LA EMPIRIA Y LAS MATEMÁTICAS

En relación a la empiria y las matemáticas creo que es un tema crucial sobre todo para su aprendizaje. Si bien tiene aristas complicadas, enseñarcon el ejemplo, algo que estaba prohibido en mis épocas de alumno, es algo que ahora utilizo mucho y sirve para mejorar la atención, ya que es más fácil obtenerla con temas concretos que con abstractos. En física (...) o en matemáticas. Si logro ajustar las situaciones de la vida real a un modelo, soy mejor comprendido que si explico un modelo abstracto. Si les pido que resuelvan un sistema de ecuaciones puede ser que muchos de ellos tengan la técnica para resolverlo, pero si planteo una situación concreta que se ajusta con una ecuación es mucho más fácil que la reconozcan.

Saludos

Lic. José Luis Carreira